



REC'D 31 JAN 2000

WIPO

PCT

FR 99 / 3322 09/023208

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 10 JAN. 2000

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

BEST AVAILABLE COPY

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS Cédex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

DESIGNATION DE L'INVENTEUR
(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Réf. Mandataire H52314C2FR (JLS/MD)

N° d'enregistrement national :

9900985

Titre de l'invention :

Dispositif d'isolation thermique d'au moins une conduite sous marine à grande profondeur"

Les Soussigné(s) :

BOUYGUES OFFSHORE.
3, rue Stephenson
Montigny le Bretonneux
78884 SAINT QUENTIN EN YVELINES

désigne(nt) en tant qu'inventeur(s) (nom, prénoms, adresse).

BAYLOT Michel
41, avenue Beau-Pin
13008 MARSEILLE

HALLOT Raymond
33, bld Lamartine
13600 LA CIOTAT

PIONNETTI Régis
38, rue Jonquière
75017 PARIS

ROCHER Xavier
41, rue du Général Leclerc
78400 CHATOU

Date et
signature(s) du(des) demandeur(s) ou du mandataire

MARSEILLE, le 26 janvier 1999


SOMNIER Jean Louis - CPI-BREVET92-2043
Cabinet BEAU DE LOMENIE

Dispositif d'isolation thermique d'au moins une conduite sous-
marine à grande profondeur

La présente invention a pour objet un dispositif d'isolation
5 thermique d'au moins une conduite à grande profondeur.

Le secteur technique de l'invention est le domaine de la fabrication et du montage de système d'isolation à l'extérieur et autour des conduits dans lesquels circulent des effluents chauds dont on veut limiter les déperditions de chaleur.

10 Cette invention s'applique plus particulièrement aux développements de champs pétroliers en mer profonde, c'est à dire des installations pétrolières installées en pleine mer, dans lesquelles les équipements de surface sont en général situés sur des structures flottantes, les têtes de puits étant au fond de la mer. Les conduites
15 concernées par la présente invention étant soit des liaisons entre têtes de puits, soit la partie reposant sur le fond des liaisons fond surface.

Les développements en mer profonde sont effectués par des profondeurs d'eau atteignant actuellement 1500 m et les produits
20 pétroliers à véhiculer doivent rester chauds (60 à 70°C) même après un parcours de plusieurs kilomètres sur le fond de la mer dont la température ambiante est inférieure à 10 °C. En effet un trop grand refroidissement serait problématique aussi bien en régime de production normale qu'en cas d'arrêt prolongé; Ainsi, si les
25 produits pétroliers se refroidissent par exemple en dessous de 30 à 40 °C pour une température initiale de 60 à 70°C, on observe :

- une forte augmentation de la viscosité qui diminue alors le débit de la conduite,

- une précipitation de paraffines dissoutes qui augmente alors
30 la viscosité du produit et dont le dépôt peut diminuer le diamètre intérieur utile de la conduite,

- la floculation des asphaltènes induisant les mêmes problèmes,

- la formation des hydrates de gaz qui précipitent et, se déposant sur les parois, sont encore plus difficiles à enlever que les paraffines ou les asphaltènes car même si l'on remonte ensuite à nouveau la température, ils restent accrochés à la paroi, nécessitant alors un raclage par l'intérieur de celle-ci.

Pour éviter des formations de bouchons irréversibles, il est d'usage de constituer systématiquement des systèmes de conduites en boucle de manière à pouvoir, lors d'un arrêt prolongé, faire circuler les fluides après les avoir réchauffés en surface, à bord du support flottant. De plus, ce bouclage permet d'envoyer depuis la surface des outils de nettoyage ou d'inspection, ce qui permet de maintenir les conduites dans une configuration optimale. Bien sûr, en fonctionnement normal de production, les deux branches de la boucle sont utilisées pour véhiculer la production vers le support de surface.

On connaît de nombreux moyens pour réaliser une isolation autour d'une conduite, nous citerons en particulier les mousses plastiques de type polyuréthane ou encore les rubanages ou les coquilles en laine de verre ou laine de roche. Ces moyens d'isolation sont simples à définir et à mettre en œuvre sur des installations à terre et hors d'eau. Par contre dès que le milieu ambiant est constitué d'eau douce ou d'eau de mer, la pénétration d'eau dans l'isolant aura en général pour conséquence de diminuer et voire même d'annuler dans certains cas l'effet d'isolation recherché.

Les isolants utilisés en présence d'eau sont en général constitués de mousses à cellules fermées agencées autour de la conduite de manière à minimiser les déperditions calorifiques engendrés par le contact direct avec l'eau.

Dans le cas de la mer profonde, le système d'isolation devra de plus garder ses performances d'isolation même sous la pression hydrostatique engendrée par la profondeur d'eau laquelle correspond sensiblement à 1 bar soit 100 000 Pa pour chaque
5 tranche d'eau de 10m.

Une technique développée pour ce type d'isolation résistant à la pression est le "pipe in pipe", c'est à dire deux conduites concentriques, l'espace entre les conduites étant soit vide de tout gaz, soit rempli d'un gaz inerte ou encore des produits isolants
10 conventionnels décrits ci-dessus. Il est aussi possible de remplir ledit espace avec un fluide que l'on choisira alors pour sa faible conductivité thermique.

L'autre technique consiste à préfabriquer des coquilles en mousse syntactique et à les assembler autour de la conduite, ou
15 encore à réaliser un enrobage continu de mousse syntactique autour de ladite conduite. Nous rappelons à ce sujet que la mousse syntactique est constituée de microsphères creuses contenant un gaz et liées par une résine en général du type époxy.

Ces technologies d'isolation pour les grands fonds utilisent
20 des produits de très haute performances extrêmement coûteux et difficiles à mettre en œuvre sur une échelle importante.

Dans le cas de l'installation de conduites uniques ou de faisceaux de conduites (appelées "bundles"), on préfère en général préfabriquer les dites conduites à terre en longueurs unitaires de
25 500 à 1000 m que l'on tire ensuite depuis le large à l'aide d'un remorqueur. Dans le cas de conduites de plusieurs kilomètres, on tire la première longueur que l'on raboute à la suivante, le remorqueur maintenant l'ensemble en traction pendant la phase de raboutage, laquelle peut durer plusieurs heures. Lorsque
30 l'intégralité de la conduite ou du faisceau de conduites a été mis à

l'eau, l'ensemble est remorqué, frottant sur le fond, vers le site, où il est alors mis en place.

L'isolation de la ou des conduites ou du "bundle" est alors protégée par une enveloppe extérieure qui a une double fonction : -
5 d'une part d'éviter les endommagements qui pourraient se produire lors du remorquage, lequel peut dans certains cas se faire sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres ce qui nécessite d'utiliser des matériaux assez résistant tels qu'en acier, en composé thermoplastique ou thermodurcissable ou encore en matériau
10 composite ; - d'autre part de créer un confinement autour du système d'isolation.

Ce confinement est nécessaire dans le cas de revêtements extérieurs isolant constitués de coquilles de mousse syntactique assemblées autour des conduites, car les interstices existant entre
15 les diverses coquilles, ainsi que l'espace entre les coquilles et l'enveloppe externe sont remplis d'un produit quasiment incompressible, lequel est en général de l'eau douce ou de l'eau de mer passivée, ou encore tout autre produit compatible avec les composants internes.

20 En effet, par des fonds de 2000 m, la pression hydrostatique est de l'ordre de 200 bars, soit 20 Mega Pascals, ce qui implique que l'ensemble des conduites et de son système isolant doit être capable de résister non seulement à ces pressions sans dégradation lors des pressurisations et dépressurisations de la conduite dans laquelle
25 circule le fluide chaud, mais encore aux cycles de température lesquels engendreront des variations de volume des différents composants ainsi que des fluides interstitiels, et donc de pression positives ou négatives pouvant conduire si l'enveloppe externe est étanche à sa destruction partielle ou totale soit par dépassement des
30 contraintes admissibles, soit par implosion de cette enveloppe externe (variations de pression interne négatives).

Si ladite enveloppe externe n'est pas étanche, l'ensemble sera alors en équipression par rapport à la pression extérieure, mais il en résultera alors des échanges de fluides entre l'intérieur du "bundle" et le milieu extérieur. Dans le cas d'un remplissage des interstices du "bundle" à l'eau douce, à l'eau de mer passivée, ou encore tout
5 autre produit compatible avec les composants internes comme indiqué ci-dessus, du fait que l'on cherche alors à éviter les échanges de fluide avec le milieu extérieur, on est amené à disposer des poches constituées d'une membrane souple de type élastomère
10 permettant de contenir les variations de volume en maintenant les variations de pression à un niveau raisonnable mais ces poches compliquent alors l'assemblage du dispositif isolant et ne permettent pas de répartir les contraintes d'une manière uniforme.

L'objectif de la présente invention est ainsi de réaliser une
15 enveloppe de protection du système d'isolation permettant, d'une part d'assurer l'intégrité du faisceau de conduites et de son système d'isolation lors de son remorquage et de son installation sur le site, d'autre part de s'affranchir des contraintes engendrées par la dilatation différentielle des divers composants lors des variations de
20 température, associées aux contraintes dues à la pression du fond de la mer.

Cet objectif est atteint par un dispositif d'isolation thermique d'au moins une conduite sous marine comportant un revêtement extérieur isolant entourant celle ci et une enveloppe de protection
25 tel que suivant la présente invention, le périmètre extérieur de la section transversale de ladite enveloppe de protection est une courbe fermée dont le rapport du carré de la longueur sur la surface qu'elle délimite est au moins égal à 13 ; l'enveloppe de protection, qui entoure et assure le confinement du revêtement extérieur isolant, épouse la forme extérieure de celui ci, et sa section
30 transversale qui n'est donc pas circulaire comme il est d'usage de le

faire jusqu'à ce jour est un ovale, un polygone tel qu'un rectangle, ou encore une combinaison des deux.

Dans le cas où le dispositif comporte au moins deux conduites disposées suivant un même plan, la section transversale de ladite
5 enveloppe est de forme allongée dans la même direction que ce plan.

Lors des variations de volume interne, l'enveloppe aura tendance à se déformer vers une forme circulaire, laquelle constitue mathématiquement la forme présentant, à périmètre constant, la section la plus importante.

10 Dans le cas d'une enveloppe étanche à profil circulaire, une augmentation de volume engendre des contraintes dans la paroi, lesquelles sont liées à l'augmentation de pression résultante de cette augmentation de volume.

Par contre dans le cas d'un profil rectangulaire une
15 augmentation de volume engendrera principalement des flexions des parois planes, la migration des fluides interstitiels se regroupant dans ces zones de déformation. Les efforts engendrés dans la paroi seront principalement des efforts de flexion dans l'épaisseur de la paroi, les fléchissements les plus importants se produisant sur les
20 grands côtés, dans la mesure où l'enveloppe présente une épaisseur constante sur son pourtour et sur toute sa longueur.

A titre d'exemple, un cercle de diamètre 1 m possède une section approchée de $0,785 \text{ m}^2$ pour un périmètre approché de 3,1416 m : un carré de même périmètre présentant une section de
25 approchée de $0,617 \text{ m}^2$, cette forme offre une capacité d'expansion de 21,5% lorsque l'on passe, à périmètre constant, d'une forme carrée à une forme circulaire ; cette forme carrée correspond à une valeur du rapport du carré de la longueur de son périmètre extérieur de la courbe fermée de la section transversale de
30 l'enveloppe de protection sur la surface que délimite ledit périmètre, égal à 16.

De même, une forme rectangulaire aplatie dont le rapport ci dessus est alors supérieur à 16 présentera, à périmètre constant, une plus grande capacité théorique d'expansion ; ainsi, un rectangle de 1,2 m de grand côté et de 0,3708 m de petit côté qui a le même
5 périmètre de 3,1416 m, mais une section de seulement 0,44496 m², présente une capacité théorique d'expansion de 43,3%.

Il apparaît ainsi que plus on aplatit la forme de la section transversal du revêtement extérieur, meilleure est la capacité de son enveloppe à absorber les expansions dues à la dilatation des
10 composants sous l'effet de la température.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'on ne dispose pas de l'intégralité de la capacité théorique d'expansion car la déformation par flexion de la paroi tendra vers la forme d'un cercle très imparfait. Ainsi la capacité effective d'expansion n'est qu'une
15 portion de ladite capacité théorique d'expansion et peut alors correspondre à 30% ou 50% selon la qualité du matériau constituant l'enveloppe, laquelle enveloppe peut être en acier, en composé thermoplastique ou thermodurcissable ou encore en matériau composite.

20 Ainsi, pour d'importantes variations de volumes, on utilisera avantageusement des profils dont le périmètre de la section transversal de ladite enveloppe extérieure comporte des contre courbures concaves dont la concavité est tournée vers l'extérieur de ladite enveloppe.

25 Dans le cas de profil de forme ovale, une variation de pression interne impliquera une combinaison de contraintes de flexion et de contraintes de traction pure, car la courbure variable de l'ovale se comporte alors comme une voûte architecturale avec cependant la différence que dans le cas de notre enveloppe, les contraintes sont
30 des contraintes de traction et non des contraintes de compression. Ainsi, une forme ovale ou approchée d'une ovale sera envisageable

pour de faibles capacités d'expansion et il conviendra de considérer alors des ovales avec un rapport de longueur du grand axe ρ_{\max} sur celle du petit axe ρ_{\min} aussi élevé que possible par exemple au moins 2/1 ou 3/1.

5 On sélectionnera alors la forme de l'enveloppe en fonction de l'expansion globale recherchée du volume du revêtement extérieur isolant, sous l'effet de variations de température. Ainsi, pour un système d'isolation utilisant principalement des coquilles de mousse syntactique, donc peu sujet à expansion, et pour un fluide
10 interstitiel tel que de l'eau, une forme rectangulaire proche du carré, une forme polygonale ou encore une forme ovale permettra une expansion par flexion de la paroi tout en induisant un minimum de contraintes de traction dans l'enveloppe extérieure.

 Pour un fluide ~~interstitiel~~ présentant une plus grande expansion ~~sous l'effet de variations de température~~, tel que du
15 gazole, des produits de la famille des alcanes (paraffines), ou encore des matériaux à changement de phase, on ~~appliquera~~ ~~avant~~ avantageusement le rectangle pour créer la réserve d'expansion nécessaire. On pourra encore augmenter cette réserve d'expansion en créant les
20 contre-courbures précédemment mentionnées.

 Le résultat est un nouveau dispositif d'isolation thermique permettant d'atteindre l'objectif recherché sans avoir les inconvénients des dispositifs actuels et dont on pourrait développer d'autres avantages que ceux cités ci-dessus, ceux ci en montrant déjà
25 suffisamment pour en prouver la nouveauté et l'intérêt. La description et les dessins annexés représentent des exemples de réalisation de l'invention mais n'ont aucun caractère limitatif : d'autres réalisations sont possibles dans le cadre de la portée et de l'étendue de cette invention.

30 La figure 1 est une vue en coupe d'un faisceau de deux conduites ou "bundle" dont le revêtement isolant et l'enveloppe de

protection sont de forme circulaire et constituent l'art antérieur connu.

La figure 2 est une vue en coupe d'une enveloppe de faisceau de conduites selon l'invention, de section carrée,

5 La figure 3 est une vue en coupe d'une enveloppe de section polygonale.

La figure 4 est une vue en coupe d'une enveloppe de section rectangulaire aplatie à la température ambiante et en position d'expansion maximale due à la température.

10 La figure 5 est une vue en coupe d'une enveloppe de section ovale de rapport 3/1.

la figure 6 est une vue en coupe d'une enveloppe de section ovale de rapport 2/1.

La figure 7 est une vue en coupe d'une enveloppe de section 15 rectangulaire aplatie avec les extrémités arrondies.

La figure 8 est une vue en coupe d'une enveloppe de section courbe présentant des points d'inflexion, donc des contre courbures.

La figure 9 est une vue en coupe d'un faisceau constitué d'une 20 multiplicité de conduites, de câbles de puissance et de contrôle, disposés à plat suivant la présente invention, isolés par un revêtement extérieur et protégés par une enveloppe de protection de section sensiblement rectangulaire et aplatie, et comportant une plaque d'usure inférieure.

25 La figure 10 est une vue en coupe d'un "bundle" selon l'invention de section sensiblement rectangulaire et aplatie, fabriqué à partir de plaques métalliques et présentant un couvercle soudé.

La figure 11 est une vue en coupe d'une variante du "bundle" 30 précédent dans laquelle le couvercle peut être soit soudé, soit assemblé mécaniquement.

La figure 12 est une vue en coupe d'une variante du bundle précédent dans laquelle le couvercle est remplacé par un produit souple et résistant coulé en place.

La figure 1 est une vue en coupe d'un dispositif d'isolation thermique de deux conduites sous marines 1 comportant un revêtement extérieur isolant 2 entourant celles-ci et une enveloppe de protection 3 confinant l'ensemble. Ledit revêtement extérieur 2 est composé d'une manière classique par deux demi coquilles 2_1 , 2_2 enserrant les deux dites conduites 1 et le périmètre 4 de la section transversal de l'ensemble est un cercle ; un fluide quasiment incompressible assure le remplissage intégral de l'enveloppe 3 en comblant tous les interstices qui pourraient exister entre lesdites demi coquilles et ladite enveloppe 3 ; celle-ci pour ne pas subir des contraintes importantes essentiellement dues aux variations de température, comme expliqué précédemment, comporte alors un canal continu 13 sur toute sa longueur et contre sa paroi intérieure pour faciliter les mouvements du fluide quasi incompressible et maintenir l'ensemble en équipression : l'enveloppe 3 possède également soit à ses extrémités soit en de multiples points répartis sur sa longueur des orifices mettant ledit fluide en contact avec l'extérieur soit directement soit indirectement par l'intermédiaire de membrane souple pour éviter le mélange entre l'eau de mer et ledit fluide quasi incompressible.

La figure 2 est une section transversale du dispositif d'isolation thermique du "bundle" selon l'invention dans lequel le périmètre 4 externe de la section transversale est de forme carrée et protège une isolation classique composée de demi coquilles 2 installée autour des conduites 1, et d'un fluide 6 quasiment incompressible assurant le remplissage intégral de l'enveloppe, essentiellement au niveau des interstices entre lesdites demi coquilles et dans les angles de l'enveloppe.

La figure 3 est une section d'une variante du dispositif de la figure 2 dans laquelle l'enveloppe 3 est octogonale.

La figure 4 est une section d'une variante du dispositif de la figure 2 dans laquelle l'enveloppe 3 est rectangulaire et de forme aplatie. Sous l'effet des variations de température, l'expansion du revêtement extérieur 2 et du fluide 6 est contenue dans la déformation de l'enveloppe 3 qui prend la forme du profil de la courbe 7.

La figure 5 est une section d'une variante de la figure 2 dans laquelle l'enveloppe 3 est de forme ovale dont le rapport de longueur du grand axe celle du sur petit axe est égal à 3/1.

La figure 6 est une section d'une variante de la figure 2 dans laquelle l'enveloppe 3 est un ovale dont le rapport du grand axe sur le petit axe est égal à 2/1.

La figure 7 est une section d'une variante de la figure 2 dans laquelle l'enveloppe 3 est de forme rectangulaire aplatie dont les petits cotés 8 sont bombés ou arrondis.

La figure 8 est une section d'une variante de la figure 2 dans laquelle le périmètre 4 de la section transversale de l'enveloppe 3 comporte des points d'inflexion, donc des contre-courbures 5 concaves augmentant la capacité d'expansion.

La figure 9 est une section d'un dispositif d'isolation thermique selon l'invention dont l'enveloppe 3 contient deux conduites 1₁ de production d'effluents pétroliers, une conduite centrale d'injection d'eau 1₂ ainsi que deux conduites de réchauffage de l'ensemble, la conduite 1₃ servant par exemple à envoyer un fluide chaud depuis le support de surface, la conduite 1₄ servant au retour ; une liaison entre les conduites 1₃ et 1₄ existant à la seconde extrémité immergée du faisceau de conduites. Ces conduites 1 sont entourées de plusieurs demi-coquilles 2 isolantes assemblées entre elles, le reste du volume intérieur de l'enveloppe 3 étant rempli

d'un fluide quasi-incompressible 6. Le faisceau de conduites ou "bundle" est équipé sur ses côtés de goulottes 9 pouvant recevoir des ombilicaux 10, lesdites goulottes étant représentées simple sur la gauche et double sur la droite de la figure 9.

5 Le dispositif d'isolation thermique selon l'invention comporte à sa partie inférieure une semelle ou plaque d'usure 11 disposée sur une partie du périmètre 4 externe de la section transversal de l'enveloppe de protection 3, et de préférence au moins suivant un des grands cotés de ladite section transversale permettant alors
10 d'éviter tout endommagement de l'enveloppe 3 de confinement lors de l'opération de remorquage et d'installation sur le site : l'ensemble reposant sur le fond de la mer 12, seule la plaque d'usure 11 frotte contre celui ci.

Ladite semelle ou plaque d'usure 11 peut être réalisée en
15 matériau thermoplastique de densité 1 donc ne modifiant pas la flotabilité de l'ensemble lors du remorquage ni même durant la vie du faisceau de conduites sur le site.

La figure 10 est une section d'un "bundle" dont l'enveloppe 3 de protection comporte une partie inférieure 3₁ en forme de "U"
20 ouvert vers le haut en position opérationnelle, dans lequel sont disposées lesdites conduites 1, le revêtement isolant 2 et le fluide incompressible 6, ladite partie inférieure 3₁ étant fermée par un couvercle 14 assemblé sur celle ci pour constituer l'ensemble de l'enveloppe de protection 3 ; celle ci est représentée de forme
25 sensiblement rectangulaire et réalisée par exemple à partir d'une tôle métallique formée et équipée d'un couvercle 14 assemblé par soudage en 15 sur ladite enveloppe. Le "bundle" contient des conduites 1 et des lignes de réchauffage électriques 16, l'ensemble étant contenu dans des coquilles 2₁ et 2₂ supportées par des cales 17,
30 disposées dans la partie inférieure de l'enveloppe 3 ; l'espace compris entre l'enveloppe 3 et le revêtement isolant 2 étant rempli

d'un fluide quasiment incompressible 6, isolant ou non, assurant le remplissage intégral du volume interne de l'enveloppe 3 qui dans ce mode de réalisation n'épouse donc pas la forme du revêtement isolant 2.

5 La figure 11 est une variante de la figure 10 dans laquelle l'enveloppe 3 et le couvercle 14 présentent un recouvrement en forme de levre 18 située à l'extérieur de la section principale du "bundle" ce qui permet d'effectuer un assemblage,

- soit, comme représenté sur la partie gauche de la figure, par
10 boulonnage ou rivetage à travers des trous 19 régulièrement espacés, associé à la mise en place d'un joint élastomère 20₁ ou encore par simple collage entre les tôles,

- soit encore par soudage continu à la molette dans la zone 20₂ comme représenté sur la partie droite de la figure ; ledit soudage à
15 la molette étant connu de l'homme de l'art dans le domaine de la chaudronnerie, ne sera pas décrit ici.

Ainsi, dans le cas d'assemblage mécanique, de collage ou de la combinaison des deux, l'enveloppe 3 peut être réalisée en tout matériaux tels que des métaux, des thermoplastiques, des
20 thermodurcissables ou encore des matériaux composites.

La figure 12 est une variante de la figure 10 dans laquelle le couvercle est remplacé par une couche 21 de matériau souple tel que thermoplastique, thermodurcissable ou réticulable, par exemple en élastomère, lequel matériau ferme l'ouverture supérieure de la
25 partie inférieure 3₁ en forme de "U" de l'enveloppe 3 et est coulé en place après installation complète de tous les composants du "bundle", y compris le fluide 6 quasiment incompressible de remplissage dont le niveau sera alors ajusté de manière à laisser suffisamment de place pour assurer à la couche 21 une épaisseur
30 suffisante, par exemple 1 cm, permettant ainsi une adhérence suffisante à la paroi de l'enveloppe 3. La surface de contact est

représentée sur la partie droite de la figure sous la forme d'un angle droit 22, sur la partie gauche un formage 23 en S de la tôle 3 augmente les surfaces de contact ainsi que les zones soumises à cisaillement, lequel cisaillement est en général préférable à

5 l'arrachement dans les collages.

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'isolation thermique d'au moins une conduite sous marine (1) comportant un revêtement extérieur isolant (2) entourant celle ci et une enveloppe de protection (3) caractérisé en ce que le périmètre (4) externe de la section transversale de ladite enveloppe de protection (3) est une courbe fermée dont le rapport du carré de la longueur sur la surface qu'elle délimite est au moins égal à 13.
2. Dispositif d'isolation thermique suivant la revendication 1 caractérisé en ce que l'enveloppe de protection (3) qui entoure et assure le confinement du revêtement extérieur isolant (2) épouse la forme extérieure de celui ci.
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que la forme extérieure de la section transversale de ladite enveloppe de protection (3) est un ovale.
4. Dispositif suivant la revendication 3 caractérisé en ce que le rapport de longueur du grand axe sur celle du petit axe de l'ovale est au moins de 2.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 2 caractérisé en ce que la forme extérieure de la section transversale de ladite enveloppe de protection (3) est un rectangle.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux conduites (1) disposées suivant un même plan et la section transversale de ladite enveloppe (3) est de forme allongée dans la même direction que ce plan.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que le périmètre (4) de la section transversale de ladite enveloppe (3) comporte des contre courbures concaves (5).

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisé en ce qu'il comporte une plaque d'usure (11) disposée sur une partie dudit périmètre (4) extérieur de l'enveloppe (3).
- 5 9. Dispositif suivant la revendication 8 et selon l'une quelconque des revendications 3 à 6 caractérisé en ce que ladite plaque d'usure (11) est disposée suivant l'un des grands cotés de la section transversale de ladite enveloppe (3).
- 10 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 caractérisé en ce que le rapport du carré de la longueur du périmètre (4) extérieur de la section transversale de ladite enveloppe de protection (3) sur la surface que délimite ledit périmètre (4) est au moins égale à 16.
- 15 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que l'enveloppe de protection (3) comporte une partie inférieure (3₁) en forme de "U" dans laquelle sont disposées lesdites conduites (1) et un couvercle (14) assemblés sur cette enveloppe (3).
- 20 12. Dispositif suivant la revendication 11 caractérisé en ce que ledit couvercle (14) est soudé à la molette.
- 25 13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que l'enveloppe de protection (3) comporte une partie inférieure (3₁) en forme de "U" dans laquelle sont disposées lesdites conduites (1) et une ouverture supérieure fermée par une couche (21) de matériau souple coulé après installation de tous les composants internes.
- 30 14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 caractérisé en ce que l'enveloppe (3) comporte des cales (17) supportant le revêtement isolant (2), l'espace compris entre l'enveloppe (3) et ledit revêtement (2) étant rempli d'un fluide quasiment incompressible (6).

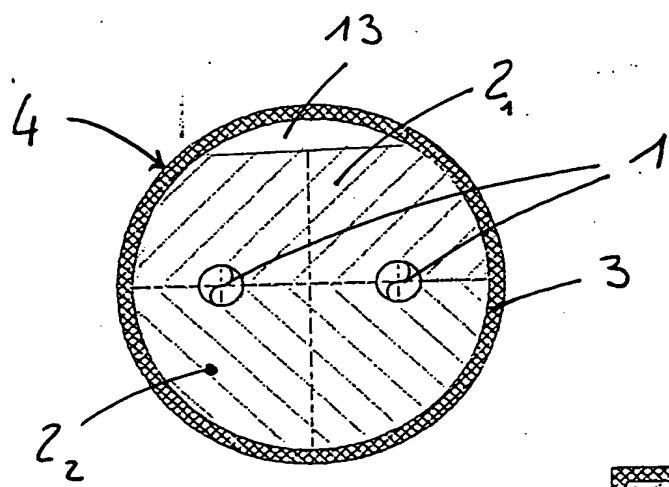


fig. 1

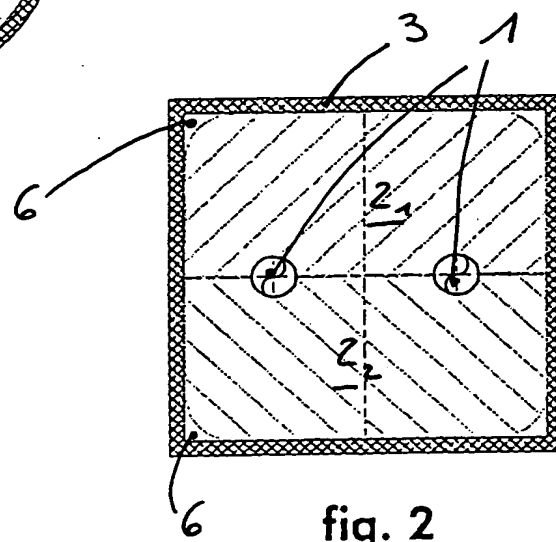


fig. 2

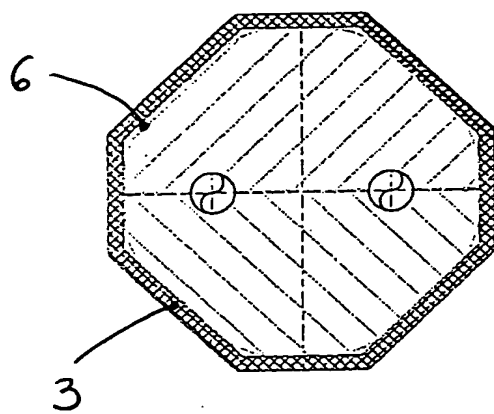


fig. 3

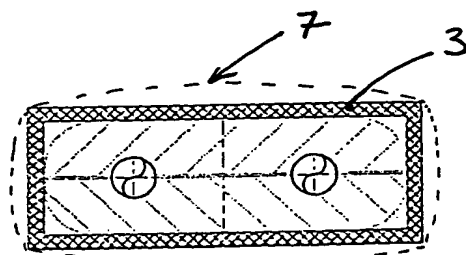
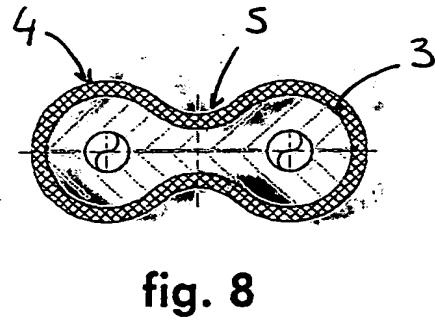
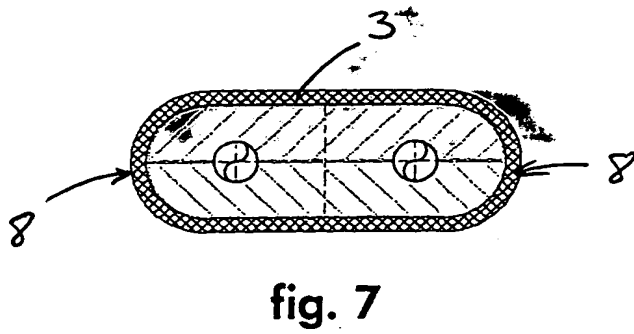
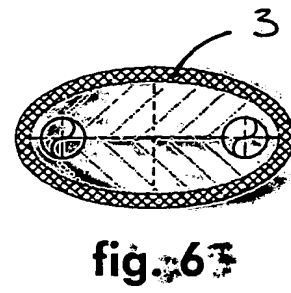
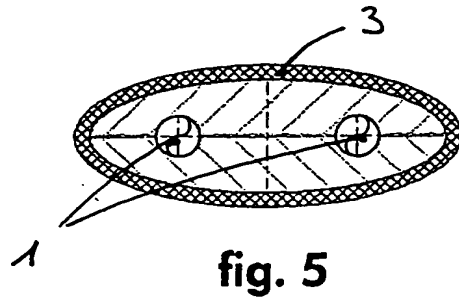


fig. 4



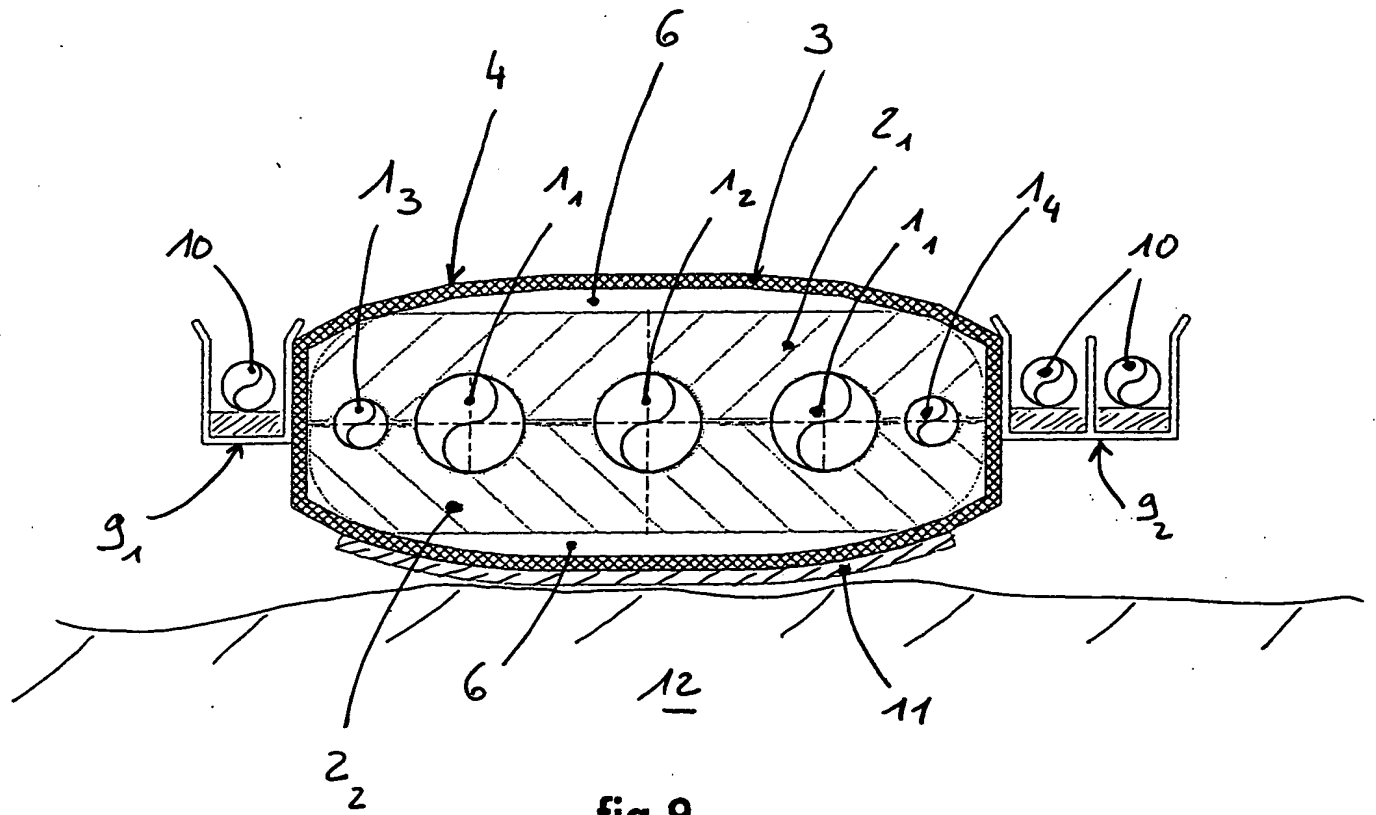
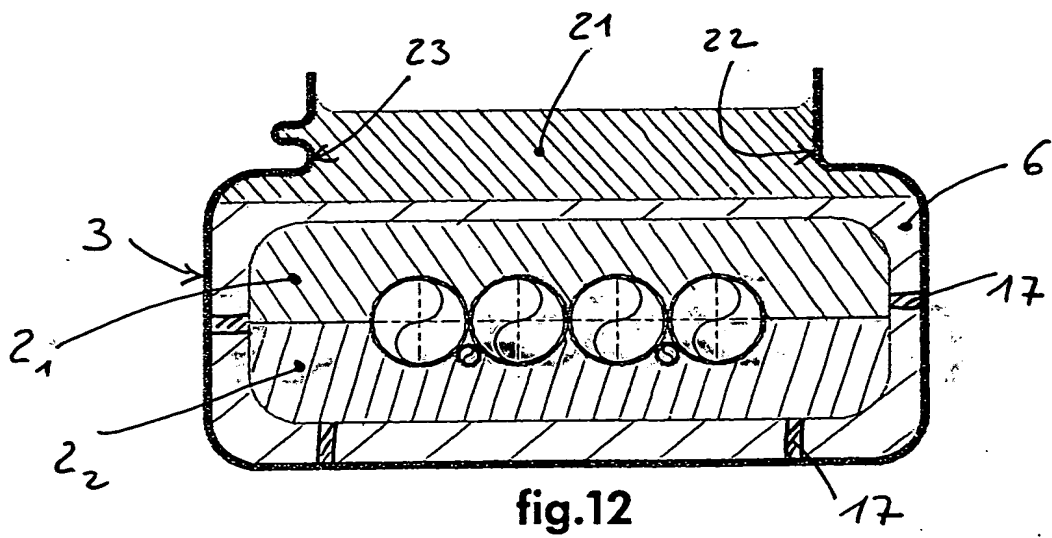
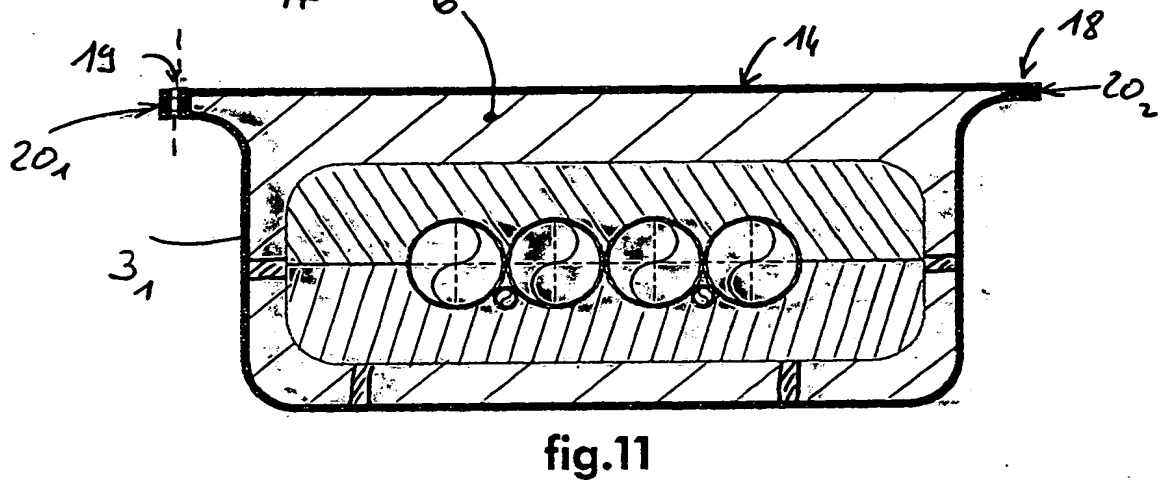
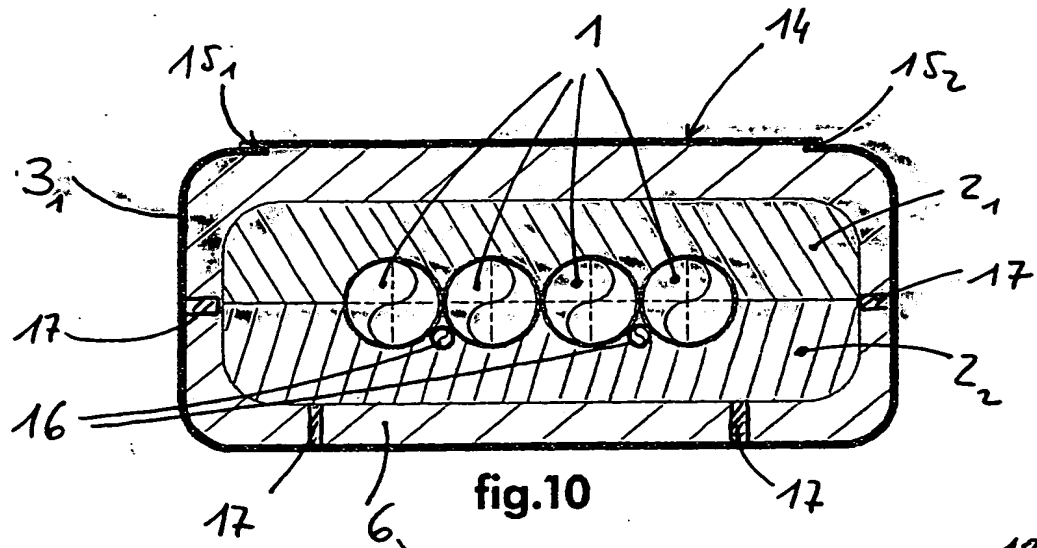


fig.9



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)